

LTE в диапазоне 3500 МГц (3400-3800 МГц)

1. Введение и краткое содержание

Мы живем в времена, когда наблюдается самое быстрое развитие информационных технологий за всю историю человечества.

Рост трафика мобильных устройств - это хорошо документированный феномен, который требует широкого частотного спектра. Безусловно, полоса в 400 МГц доступного спектра в диапазоне 3400-3800 МГц (будем для простоты именовать этот диапазон в данном тексте, как 3.5 ГГц) может сыграть ключевую роль в развитии мобильного ШПД. В частности, это обеспечивает обширные возможности в краткосрочной и долгосрочной перспективах развития LTE в мире.

Частотные диапазоны 3.5 ГГц уже частично рекомендованы в рамках 3GPP eUTRAN частотных диапазонов, в частности, как [band 42](#) и [band 43](#). Они рекомендованы в рамках схемы Time Division Duplex (TDD), временного разделения каналов. Каждый диапазон - это 200 МГц спектра, что обещает существенные преимущества и, в частности, возможность создания недорогих решений на основе множества несущих, что может обеспечить решение проблем с емкостью сети.

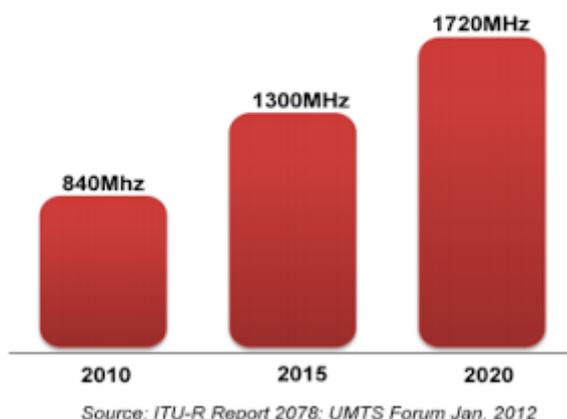
Первый существенный запуск в интересующей нас полосе частот уже осуществлен в UK ([UK Broadband](#)), который начал предоставление услуг доступа к широкополосному мобильному интернету (WBB) с февраля 2012 года. Кроме WBB, широкая полоса в диапазоне 3.5 ГГц может использоваться для создания беспроводной опорной сети, что обычно обозначают термином eRelay. Это хорошее решение для создания опорной сети для подключения малых сот, поскольку оно дает преимущество гибкого транспорта и быстрого развертывания. Первая в мире коммерческая сеть на базе eRelay в диапазоне 3.5 ГГц запущена на Багамах, оператором BTC в октябре 2012 года.

Цель данного текста - поделиться информацией об экосистеме 3.5 ГГц, решением проблем интерференции в диапазоне 3.5 ГГц и рядом рекомендаций. Производители должны продолжать развивать решения 3.5 ГГц. LTE TDD для того, чтобы сформировать высокопроизводительную, конвергентную и комплексную экосистему.

2. Потребность в дополнительных частотах

Согласно прогнозу CISCO VNI, объем передачи мобильных данных в 2016 году достигнет 216 экзбайт в месяц, при этом среднегодовой рост трафика в период с 2012 по 2016 год будет составлять 78%. Из этого следует, что в ряде стран будет ощущаться нехватка спектра уже в ближайшие несколько лет. В свете отчета ITU-R 2078, необходимо нарастить имеющийся спектр доступных для операторов частот с 840 МГц на 2010 года до 1720 МГц в 2020 году, что означает, что требуется изыскать еще 880 МГц.

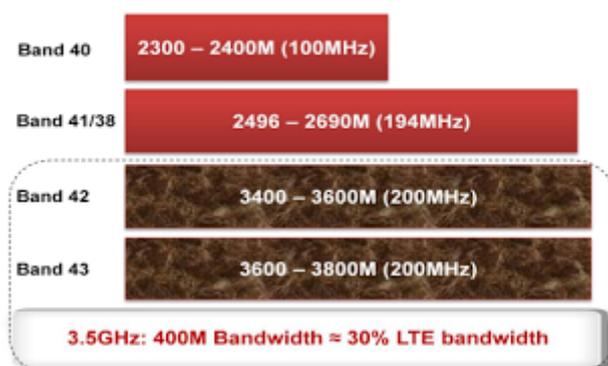
More 880MHz new Spectrum required in next 10 years



3GPP уже определила два диапазона - 42 и 43 (3.4-3.8 ГГц), которые суммарно составляют полосу в 400 МГц и являются самым большим фрагментом спектра из всех диапазонов частот, определенных под LTE.

Диапазоны TDD, определенные в 3GPP

More TDD bands are defined in 3GPP



3. Глобальная экосистема диапазона 3.5 ГГц

3.1 Экосистема LTE TDD

В качестве технологии, способной справиться с потребностями в больших объемах передачи данных, LTE все более становится лучшим выбором для операторов. LTE TDD - это часть экосистемы LTE, обладающая уникальной ценностью, связанной с глобальностью, асимметрией и синергетическим эффектом, что может быстро превратить ее в основную технологию LTE (эта тема будет еще более подробно рассмотрена в разделе 5). LTE TDD на сегодняшний день все более серьезно рассматривается на целом ряде рынков практически во всех регионах мира, поскольку она отлично ложится в схему эволюции сотовых TDD технологий (TD-SCDMA, UTRA-TDD и WiMAX). LTE TDD - это часть стандартов 3GPP, имеющая немало общих свойств с LTE-FDD и обеспечивающая сравнимые характеристики для пользователя с сопоставимо-высокой эффективностью использования спектра.

Band 42, band 43 и в целом развитие LTE в диапазоне частот 3400 - 3800 МГц. Документ Huawei (white paper). Перевод – [Алексей Бойко](#). 2012.12.21

Согласно отчету GSA, подготовленному в ноябре 2012 года, в период с декабря 2009 года по октябрь 2012 года в 51 стране мира было запущено 113 сетей LTE. LTE TDD на сегодня уже вышла на уровень зрелой технологии, и в мире насчитывается уже 11 сетей LTE TDD в статусе коммерческой эксплуатации: в Японии, Австралии, Швеции, Объединенном Королевстве, Польше, Бразилии, России, Индии, Саудовской Аравии и Омане. Еще несколько запусков намечено осуществить в дни, остающиеся до конца 2012 года, в частности, в США и в Китае. Все основные производители операторских решений осознают важность LTE TDD и уже представили рынку свои решения LTE TDD.

По данным отчета Ovum, на долю TDD LTE будет приходиться порядка 25% LTE в 2015 году. Учитывая его широкую полосу частот - до 400 МГц, TDD диапазон 3.5 ГГц будет играть основную роль в развитии TDD в мире, как в ближайшей, так и в среднесрочной перспективе. 3.5 ГГц TDD сети могут стать дополнением для существующих сетей, поскольку смогут принять существенный объем трафика мобильного ШПД.

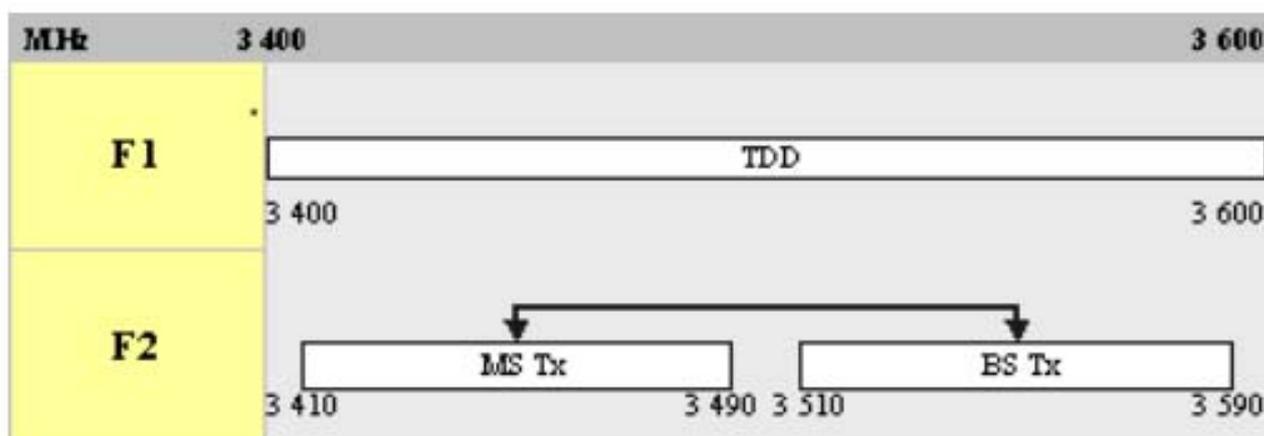
3.2 Основные сведения о диапазоне 3.5 ГГц.

3.2.1 Происхождение диапазона 3.5 ГГц

Всемирная конференция радиосвязи Международного союза электросвязи (WRC-07 ITU-R) в 2007 году определила полосы спектра 3400-3600 МГц в качестве нового диапазона частот для IMT (International Mobile Telecommunications - Международной мобильной связи), включая семейства стандартов GSM/UMTS/LTE/CDMA/WiMAX. Этот диапазон стал первым высокочастотным диапазоном (более 3 ГГц) для IMT. В то же время, в ряде стран мира в диапазоне все еще функционируют системы и услуги на базе данного диапазона, в частности услуги фиксированной связи (FS), фиксированной спутниковой связи (FSS) и услуги радиолокации (RLS). Во многих регионах/странах, включая Европу, Азиатско-Тихоокеанский регион и Америки, и не только, действуют сети WiMAX. Одновременно, форсированными темпами идет изучение возможностей использования в данном диапазоне других IMT-систем, особенно это касается решений LTE.

3.2.2 История диапазона 3.5 ГГц и процесс его освоения

ITU-R WR5D в июле 2011 года приняла два варианта распределения для диапазона 3.5 ГГц, как показано на диаграмме ниже.



= В Евросоюзе, регулятор CEPT принял решение (11-06), кроме того, Еврокомиссия также приняла решение (2008/411/EC). Техническая часть решения Еврокомиссии заимствована из решения CEPT и включает:

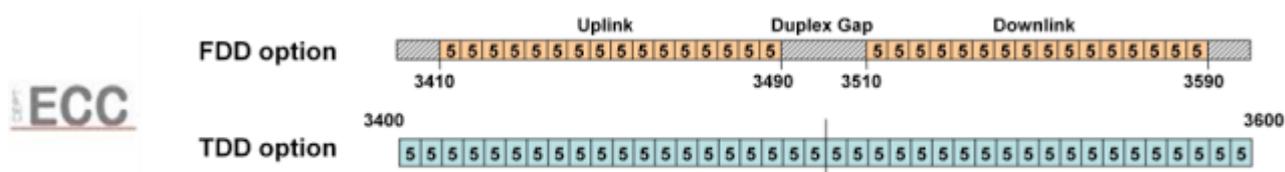
= Регулирование технических параметров основано на технологической нейтральности (WAPECS - Wireless Access Policy for Electronic Communications Services) и использовании систем FDD/TDD. Все технические параметры приведены в документе "COMMISSION DECISION of 21 May 2008 on the harmonization of the 3400-3800 MHz frequency band for terrestrial systems capable of providing

Band 42, band 43 и в целом развитие LTE в диапазоне частот 3400 - 3800 МГц. Документ Huawei (white paper). Перевод – [Алексей Бойко](#). 2012.12.21

electronic communications services in the Community" (Решение Комиссии от 21 мая 2008 по гармонизации частотного диапазона 3400-3800 МГц для наземных систем, способных предоставлять услуги электронной связи для Сообщества), а также в документе "ECC Decision (11)06 Harmonized frequency arrangements for mobile/fixed communications networks (MFCN) operating in the bands 3400-3600 MHz and 3600-3800 MHz". (Решение ECC 11(06) о подготовке гармонизированных частот для мобильных и фиксированных сетей связи (MFCN), работающих в диапазонах 3400-3600 МГц и 3600-3800 МГц.).

= 41 европейская страна и 40 других стран в Регионе 1 (в основном в Европе, на Ближнем Востоке и в Африке) определили диапазон 3400-3600 МГц в качестве диапазона для IMS во время ITU-R WRC-07.

= В Евросоюзе определено использование фиксированной, пешеходной (nomadic) и мобильной связи на основе TDD и/или FDD (большинство сетей связи на сегодня используют технологию TDD)



Следующие шаги

= Определение новых ТУ (ВЕМ) для систем IMT-advanced (ВЕМ будут включать и существующие системы). ВЕМ в данном случае означает block edge mask, что является требованием, определяющим ограничения на излучение системы.

= Определение предпочтительного частотного плана (TDD или/и FDD)

Планируется, что конечное решение о выборе режима, т.е. о выборе между FDD и TDD для диапазона 3400 - 3600 МГц будет принято во второй половине 2013 года.

В большинстве стран диапазон уже запланирован или идет его планирование под услуги мобильной связи, особенно под услуги беспроводного ШПД, хотя в ряде азиатских стран диапазон используется для FSS (услуг фиксированной спутниковой связи).

В Китае этот диапазон планируется изучить в качестве диапазона для систем IMT по технологии TDD. Пока что идет процесс изучения возможностей внедрения IMT.

В Японии планируют распределить диапазон 3400-3600 МГц в 2013 году для услуг IMT. В настоящее время идет стадия консультаций.

3.2.3 Стандартизация диапазона 3.5 ГГц

В 3GPP работы по данному диапазону начались в 2007 году. Диапазон был представлен в составе релиза 10 в 2011 году. В таблице ниже показано, что частотный план соответствует существующему статусу работ ECC PT1. Следует заметить, что для диапазона не предусмотрен смешанный сценарий использования FDD/TDD.

Процесс стандартизации диапазона 3.5 ГГц в 3GPP выглядел так:

- = R9 Добавлены новые диапазоны 42/43 к диапазонам 3GPP
- = R10 Финализированы новые диапазоны 42/43 в 3GPP
- = R11 Изучение гибкого конфигурирования DL/UL в TDD
- = R12 Оптимизация сценариев использования хотспотов в диапазонах 42/43 для широкой полосы

Band 42, band 43 и в целом развитие LTE в диапазоне частот 3400 - 3800 МГц. Документ Huawei (white paper). Перевод – [Алексей Бойко](#). 2012.12.21

3.3 Глобальная карта распределения частот в диапазоне 3.5 ГГц

В регионе 1 (в основном - это Европа, Ближний Восток и Африка), СЕРТ уже разрешил реализацию мобильных услуг в качестве приоритетного использования диапазона 3400-3600 МГц, и предназначил его для систем IMT.

В регионе 2 (Северная и Южная Америка и Тихоокеанский регион), для услуг мобильной связи определен в качестве приоритетного диапазон 3400-3500 МГц, но не оговорено его использование для систем IMT.

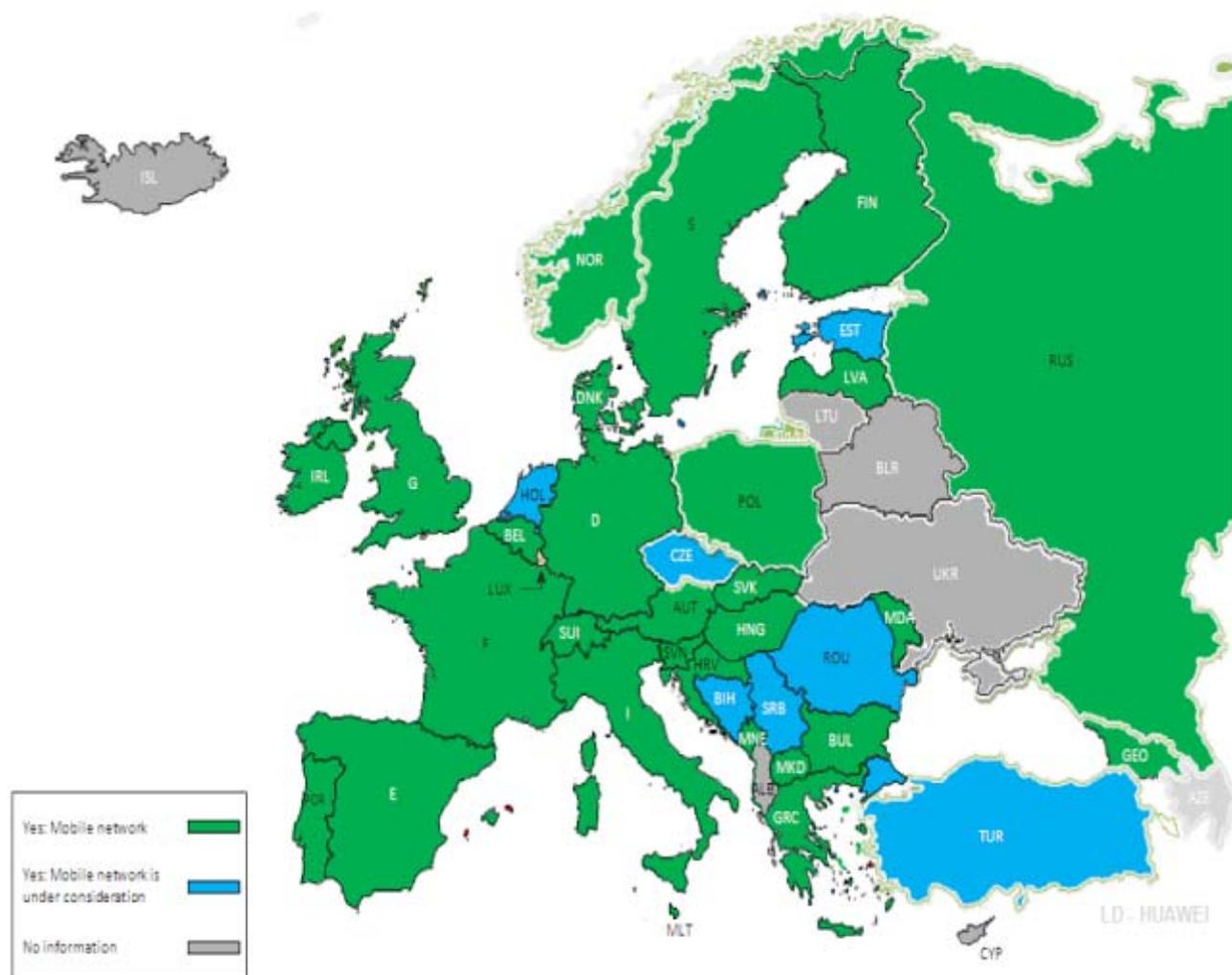
В регионе 3 (в основном, Азия и Австралия), Китай, Индия, Новая Зеландия, Сингапур, Бангладеш и Иран, уже определили приоритетное использование диапазона 3400-3600 МГц для мобильной связи и построения систем IMT.

Кроме того, Китай, Корея, Индия, Япония, Новая Зеландия, Бангладеш, Иран и Пакистан также выделили для систем IMT и диапазон 3500-3600 МГц.

3.3.1 Евросоюз

В Евросоюзе регулирование благоприятствует операторам, желающим строить системы мобильной связи и основывается на принципах технологической нейтральности, но требует дальнейшей адаптации для улучшения возможностей использования частот.

Регулирование мобильных услуг в ЕС



Зеленым цветом показаны страны, где разрешено использование для систем мобильной связи
Голубым - где использование для систем мобильной связи пока что рассматривается

Серым - нет информации

Лицензирование в странах ЕС/СЕРТ

Band 42, band 43 и в целом развитие LTE в диапазоне частот 3400 - 3800 МГц. Документ Huawei (white paper). Перевод – [Алексей Бойко](#). 2012.12.21



Зеленым - лицензии выданы
 Голубым - лицензии частично выданы
 Коричневый - не лицензированы
 Серый - нет информации

Примечание: несколько сетей находятся в стадии развертывания. Завершение процесса лицензирования намечено на период от 2015 и 2025 года.

Более детальная информация по процессу внедрения в странах Европы собрана в таблице, составленной по итогам работы ECC PT1 в 2010 году.

Country	Uplink frequency range [MHz]		Downlink Frequency range [MHz]		Duplex arrangement	Duplex separation for FDD	Block sizes [MHz]
Austria	3410	3494	3510	3594	FDD, TDD	100 MHz	21, 28, 35, 42
Belgium	3450	3500	3550	3600	FDD, TDD	100 MHz	25
Bosnia & Herzegovina	3410	3494	3510	3594	FDD	100 MHz	21
Czech Republic	3410	3480	3510	3580	FDD, TDD	100 MHz	3.5 (raster)
France	3432.5	3495	3532.5	3595	FDD, TDD	100 MHz	15
Germany	3410	3494	3510	3594	FDD, TDD	100 MHz	21
Hungary	3410	3494	3510	3594	FDD, TDD	100 MHz	14
Ireland	3410	3500	3510	3600	FDD, TDD	100 MHz	11, 25, 35
Italy	3425	3500	3525	3600	FDD, TDD	100 MHz	21
Macedonia	3410	3494	3510	3594	FDD, TDD	100 MHz	31.5, 14
Norway	3413.5	3500	3513.5	3600	FDD, TDD	100 MHz	3.5 (raster)
Portugal	3410	3438	3510	3538	FDD, TDD	100 MHz	28
Russian Federation	3400	3450	3500	3550	FDD, TDD	100 MHz	
Sweden	3410	3494	3510	3594	FDD, TDD	100 MHz	28
Switzerland	3410	3497.5	3510	3597.5	FDD, TDD	100 MHz	17.5, 21, 28
United Kingdom	3480	3500	3580	3600	FDD, TDD	100 MHz	20

Анализ таблицы позволяет выявить некоторые общие подходы

- Подготовка к использованию систем FDD возможна во всех перечисленных в таблице странах, подготовка к использованию систем TDD во всех, за исключением Боснии и Герцеговины.

- Для систем FDD может быть использован дуплекс с использованием полос по 100 МГц

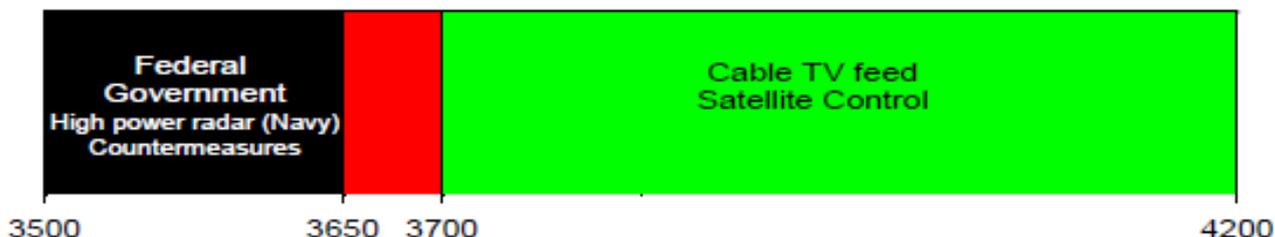
- Размер блоков частот, как правило, больше 14 МГц

- Во многих странах, частотный диапазон 3400-3410 МГц выделен в качестве "защитного диапазона" (только в одной стране используется частотный блок ниже 3410 МГц)

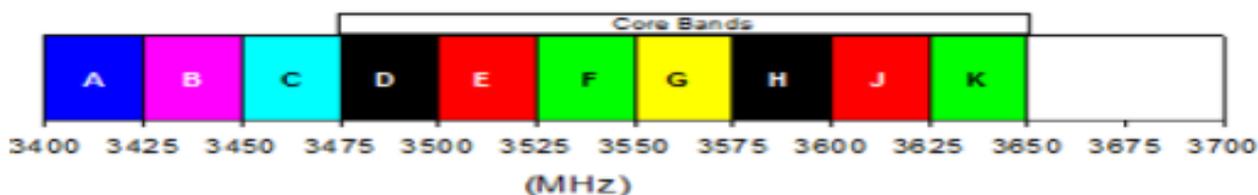
- В большинстве стран не используются частоты выше 3494 МГц (и выше 3594 МГц). В некоторых странах под использование выделены все частоты вплоть до 3600 МГц.

3.3.2 Северная Америка

В Соединенных штатах в диапазоне 3400-3650 МГц функционируют системы радиолокации. Услуги фиксированной и подвижной связи реализованы в диапазоне 3650-3700 МГц, они использованы для создания систем наземной беспроводного ШПД. В рамках реализации планов создания общенациональной сети ШПД, диапазон 3550-3650 МГц рассматривается для возможного перераспределения, что позволит использовать его для систем беспроводного ШПД. Это перераспределение может быть ограничено по "географии" (часть территорий будет исключена из процесса перераспределения частот), например, территории вдоль побережий США и около военных объектов, прежде всего, там, где установлены мощные правительственные системы радаров. На момент подготовки данного документа к печати, FCC еще не приняла решений по диапазону 3550-3650 МГц.



В Канаде, в период от 2004 до 2009 года, Industry Canada провела аукционы частотных блоков D, E, F и G в диапазоне 3475-3650 МГц. 175 МГц спектра были разыграны на аукционе, как три спаренных 2*25 МГц блока частот (D и H, E и J, F и K), а также, как один отдельный блок в 25 МГц (G).



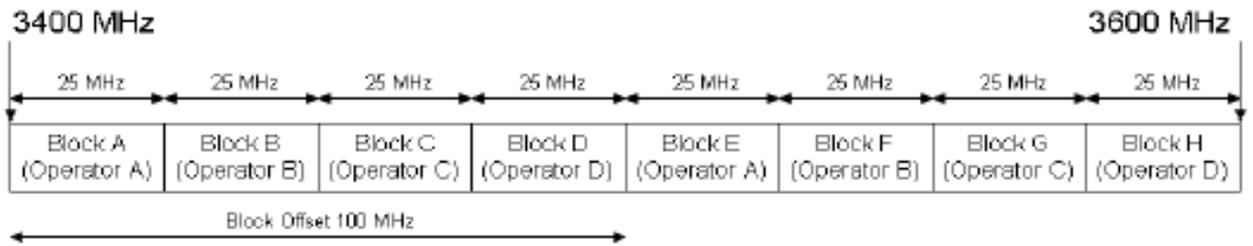
Согласно таблице частотных присвоений Канады, услуги (радиолокация, мобильная связь, фиксированная и фиксированная спутниковая) могут предоставляться на первичной или вторичной основе или в виде их комбинации в различных поддиапазонах диапазона 3400-3800 МГц. Мобильные услуги распределяются только на принципах комбинации первичной и вторичной основы (co-primeгу) в диапазоне 3650-3700 МГц. Диапазон 3475-3650 МГц лицензирован для беспроводной фиксированной связи, частоты распределены в ходе аукциона. Диапазон 3400-3450 МГц выделен для систем радиолокации в эксклюзивное использование правительством Канады.

3.3.3 Южная Америка

В Бразилии диапазон 3400-3600 МГц распределен под оказание услуг фиксированного ШПД (BWA).

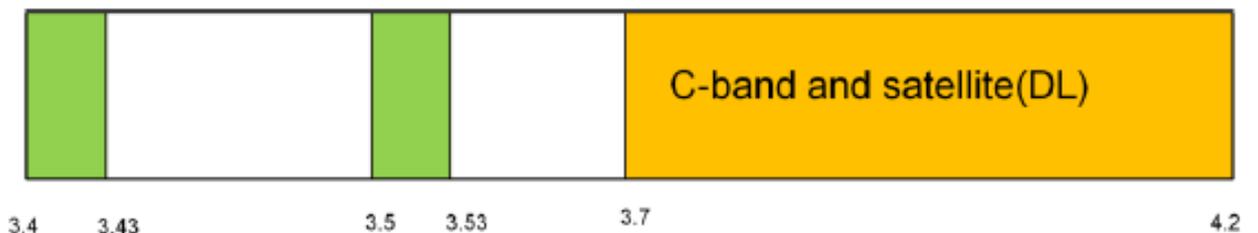
В Латинской Америке, диапазон 3400-3600 МГц уже лицензирован для фиксированного беспроводного доступа в ряде стран, где принят подход технологической нейтральности.

В Аргентине, Мексике и Перу, диапазон распределен блоками по 25 МГц.

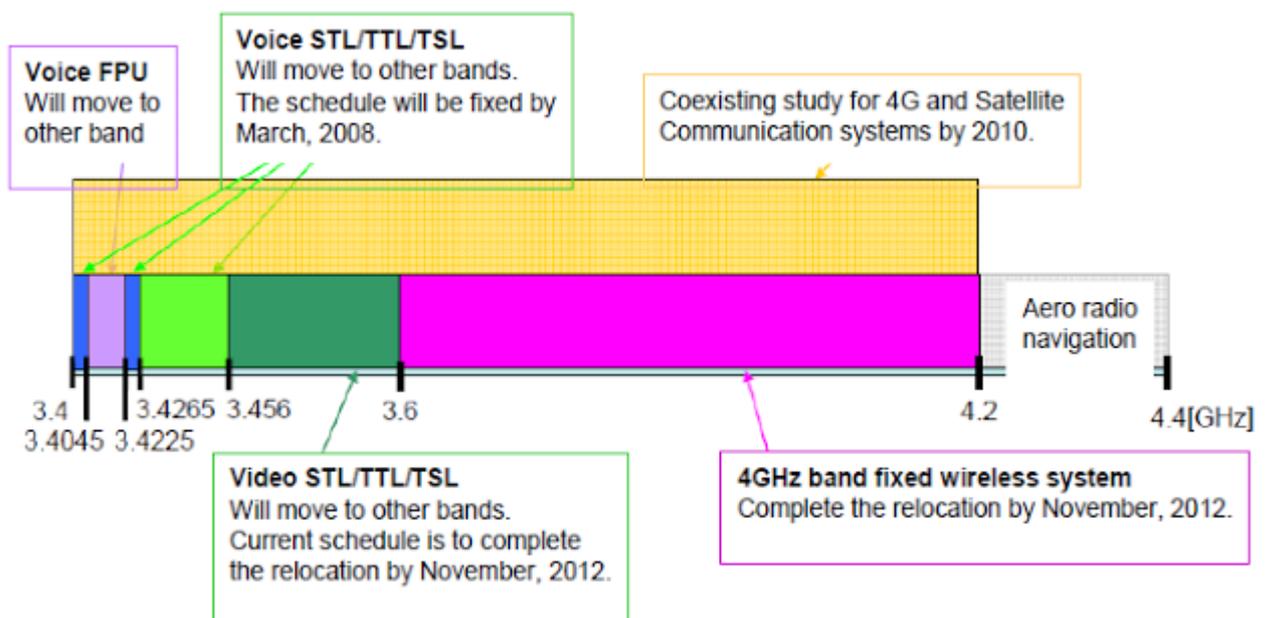


3.3.4 Азиатско-Тихоокеанский регион

В Китае диапазон С расширен в область низких частот, поэтому на сегодняшний день, спутниковые транспондеры работают в диапазоне 3.4-3.7 ГГц. Две части этого диапазона: 3600-3430 и 3500-3530 МГц используются для систем фиксированного беспроводного доступа. 3600-4200 МГц задействованы под РРЛ. Китай ведет исследования возможностей внедрения LTE-Ni в диапазоне 3.5 ГГц.



В Японии диапазон 3400-3600 МГц распределен и используется, как для систем фиксированной связи, так и для систем подвижной сотовой связи. Диапазон 3.6-4.2 ГГц в настоящее время используется для мобильной связи услуг фиксированной спутниковой связи. В Японии лицензии на диапазон 3.5 ГГц были распределены в середине 2013 года. Краткий обзор использования 3.5 ГГц в Японии показан на рисунке ниже:



В Корее диапазон 3400-3500 МГц выделен под оказание услуг фиксированной и мобильной связи Band 42, band 43 и в целом развитие LTE в диапазоне частот 3400 - 3800 МГц. Документ Huawei (white paper). Перевод – [Алексей Бойко](#). 2012.12.21

на первичной основе. Диапазон 3500-3700 МГц используется для фиксированной наземной и фиксированной спутниковой связи, но также выделен для оказания услуг мобильной связи на первичной основе.

В Индии диапазон 3400-3700 МГц используется для оказания услуг фиксированной спутниковой связи. Диапазон 3700-4200 МГц активно используется для оказания услуг фиксированной спутниковой связи различными системами и приложениями.

Во Вьетнаме диапазон 3400-4200 МГц выделен под оказание услуг фиксированной спутниковой связи на первичной основе. Этот диапазон планируется активно использовать для фиксированной спутниковой связи и в дальнейшем.

Диапазон 3.4-4.2 ГГц в настоящее время активно используется системами фиксированной спутниковой связи (FSS) для канала "на землю" в части Азии.

В Австралии диапазон 3400-3600 МГц используется для систем радиолокации и оказания услуг фиксированной связи. На поддиапазоны 3425-3492.5 и 3542.5-3575 МГц выданы долгосрочные (15 лет) технологически нейтральные лицензии в крупнейших городах и прилегающих к ним областях, в основном диапазоны используются для оказания услуг фиксированного ШГД. Диапазон 3600-4200 МГц используется для организации фиксированных соединений точка-к-точке, а также в качестве С-диапазона, для канала "спутник-земля". Расширенный С-диапазон, то есть частоты ниже 3700 МГц, менее интенсивно используется в Австралии в качестве канала "спутник-земля".

В Новой Зеландии, диапазон 3400-3600 МГц распределен, в основном, для оказания услуг фиксированной связи и радиолокации, управляется он в режиме права на собственность и применяется в основном для оказания услуг фиксированной беспроводной связи. Диапазон 3600-4200 МГц распределен для оказания услуг фиксированной наземной и фиксированной спутниковой связи. На практике используется в основном для организации координированных фиксированных линий связи и спутниковых систем связи С-диапазона.

3.4 Доступность терминалов и чипсетов

По мере роста индустрии 3.5 ГГц, все большее число производителей чипсетов и терминалов присоединяются к процессам освоения данного диапазона. В частности, такие кампании, как Hisilicon, Sequans и Altair уже готовы поставлять на рынок зрелые решения чипсетов для диапазона 3.5 ГГц.

По части терминалов, пока что доступен выбор CPE (фиксированных беспроводных роутеров LTE - Ethernet/Wi-Fi) для использования в помещениях и вне помещений. Некоторые CPE уже нашли применение в условиях коммерческой сети UKBB в Объединенном Королевстве. Многодиапазонные, многорежимные MiFi (мобильные роутеры) ожидаются на рынке в коммерческой доступности в начале 2013 года. К концу 2013 года, развитие сегмента ускорится за счет появления многомодовые смартфонов с поддержкой голоса и данных, способных работать в частотном диапазоне 3.5 ГГц.

По данным GSA, приведенном в отчете этой организации от 12 ноября 2012 года, в мире доступно 7 терминалов для диапазона 3.5 ГГц.

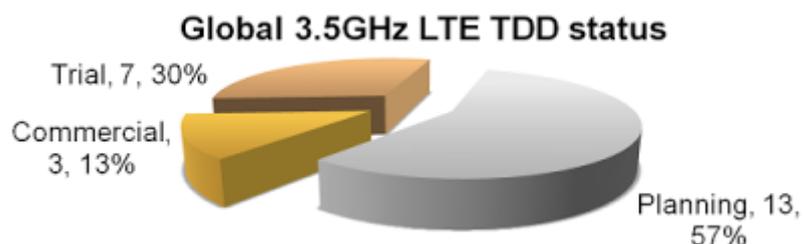


Seven 3.5GHz LTE TDD Devices (Source: GSA 2 Nov, 2012)

[Смотрите также раздел терминального оборудования для диапазона b42 здесь](#)

3.5 Сети беспроводного ШПД в диапазоне 3.5 ГГц в мире

Ситуацию с сетями в диапазоне 3.5 ГГц в мире иллюстрирует диаграмма



UK Broadband

Говоря о коммерческих сетях LTE в диапазоне 3.5 ГГц нельзя обойти вниманием сеть [UK Broadband](#) в Объединенном королевстве. Это крупнейший владелец частот пригодных для оказания услуг мобильной связи 4G и построения других беспроводных решений в Объединенном Королевстве. UK Broadband включила первую в мире коммерческую сеть LTE в диапазоне 3.5 ГГц (и первую в Объединенном Королевстве сеть LTE) в феврале 2012 года. В настоящее время сети LTE 3.5 ГГц компании работают в Лондоне, Ридинге, Свиндоне и Скансорпе (Scunthorpe). Оператор работает в качестве оптовыми покупателями услуг беспроводного ШПД, перепродавцами и отдельными потребителями, находящимися в зоне покрытия.

Компания Huawei выступила поставщиком комплексного решения 3.5 ГГц, включающего

Band 42, band 43 и в целом развитие LTE в диапазоне частот 3400 - 3800 МГц. Документ Huawei (white paper). Перевод – [Алексей Бойко](#). 2012.12.21

радиоподсистему, ядро, опорную сеть (трансмиссию), терминалы и другое необходимое кастомизированное оборудование.

Bahamas BTC

BTC ведет развертывание первой в мире коммерческой сети с использованием технологии eRelay в диапазоне 3.5 ГГц. После завершения проекта, сеть планируется использовать для передачи видеопотоков службы спасения королевской полиции Багамских островов.

Решение eRelay основано на использовании набора современных беспроводных технологий, в частности, OFDM, множественных антенн, модуляции высокого порядка и техники подавления интерференции, чтобы обеспечить возможность передачи вне прямой видимости (NLOS - non-line-of-sight) и работы по схеме точка-много точек (PtMP). Решения также обеспечивают возможность создания беспроводных линий связи с высокой пропускной способностью с использованием TDD в диапазоне 3.5 ГГц, что позволяет подключить к системе множество видеочасть с высокой разрешающей способностью, с возможностью передачи по сети видеопотоков в реальном времени.

3.6 Группа 3.5 ГГц (Interest Group)

Более 30 операторов вошли в недавно созданную Interest Group. Комитет по созданию группы сформировали 6 операторов. Во время 5-го воркшопа GTI в Дубае, 15-16 октября 2012 года, 3.5 GHz Interest Group официально присоединилась к GTI в качестве еще одной рабочей группы этой организации. В настоящее время в составе группы образовано три подгруппы, соответственно: группа терминалов, сетевая группа и группа по обмену информацией.

4. Техническая оценка потенциала диапазона 3.5 ГГц

4.1 Подавление интерференции

Следует рассматривать несколько потенциальных сценариев, которые следует учитывать, предусматривая необходимость борьбы с интерференцией при запуске сети LTE TDD в диапазоне 3.5 ГГц

1. Межоператорская интерференция между сетями, построенными с использованием LTE TDD, использующими смежные каналы (с различными соотношениями аплинка и даунлинка TDD) в диапазоне 3.5 ГГц.
2. Интерференция в собственных сетях оператора, связанная с оказанием других услуг в диапазоне 3.5 ГГц
3. Внутрисетевая интерференция с другими услугами в диапазонах частот, прилегающих к диапазону снизу и сверху.

Могут быть внедрены различные механизмы подавления интерференции, что позволит справиться с каждой из вышеописанных проблем.

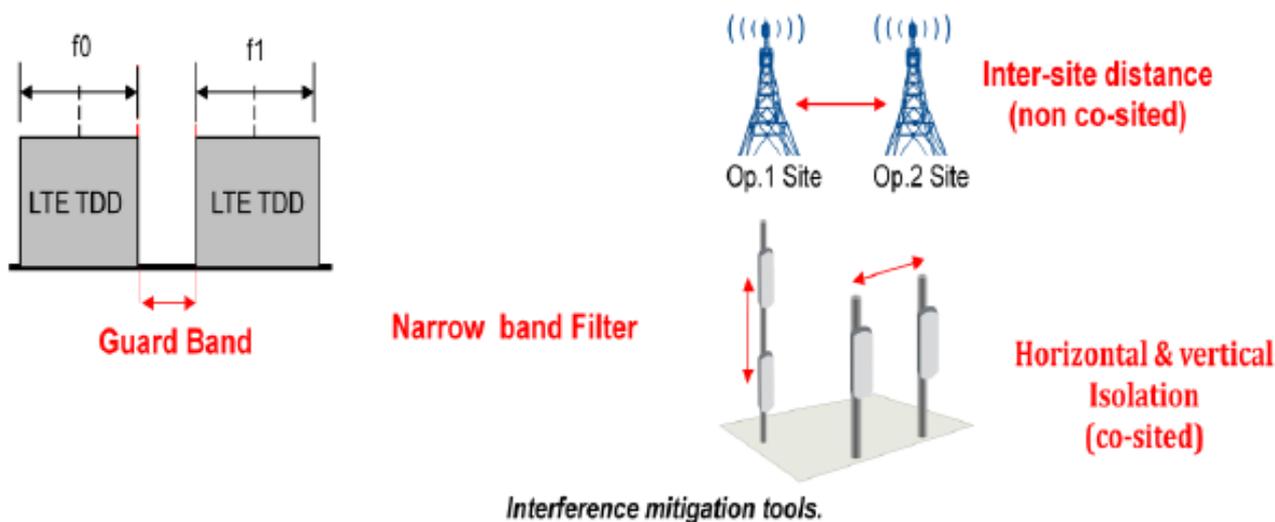
Возможность подавления #1

Использование одного и того же соотношения аплинка и даунлинка в сети TDD, а также синхронизация (для решения проблемы интерференции при взаимодействии внутри сети оператора).

Возможность подавления #2

- Комбинация ряда инструментов подавления:
- Защитные интервалы или/и запрещенные к использованию блоки частот ;

- Дополнительный узкополосный фильтр, устанавливаемый между передатчиком eNB (базовой станции) и антенной;
- Межоператорская координация создаваемых сайтов: разделение в пространстве сайтов (кроме случая колокированного размещения), разделение антенн (для колокированных сайтов)
- Снижение выходной мощности eNB



Чтобы обеспечить необходимое сосуществование с другими системами и решениями, необходимо разумно комбинировать практически все вышеперечисленные способы. Регулирование должно предусматривать возможность для операторов / участников рынка сохранять возможность договариваться о наиболее подходящих вариантах решениях подавления интерференции.

Подавление межоператорской интерференции (внутри диапазона, внутри системы)

Наиболее эффективным способом является согласование работы системы синхронизации сетей операторов, если это возможно. Это очень эффективное решение, поскольку оно не требует использования защитных диапазонов между сетями операторов, что обеспечивает оптимальное использование частот.

Подавление интерференции от систем в смежных полосах частот (между полосами, между системами)

Решения для подавления интерференции включают использование защитных диапазонов, запрещенных блоков частот, разделение сайтов и антенн, дополнительную фильтрацию и инжиниринг сайта с тем, чтобы защитить существующие услуги и системы, как-то системы связи космос-земля, телеметрию, радиоастрономию, военные системы, системы фиксированной связи и RLAN в соседних диапазонах.

4.2 LTE-Ni

LTE-Ni, используемые для улучшения пользовательского опыта хотспоты LTE применяются в условиях помещений, являются решениями с использованием широкой полосы частот и служат ключевым фактором, который на сегодня обеспечивает высокую емкость сети MBW.

Системы LTE-Ni рекомендуется использовать в частотных диапазонах выше 3 ГГц. Диапазон 3.5 ГГц отлично подходит для того, чтобы обеспечивать покрытие хотспотами, учитывая солидный объем доступного спектра. Кроме того, в этом диапазоне легче справиться с помехами, учитывая плотное размещение сотовых станций и их сокращенные возможности по обеспечению покрытия.

Диапазон 3.5 ГГц обладает рядом характеристик, которые позволяют использовать его в районах Band 42, band 43 и в целом развитие LTE в диапазоне частот 3400 - 3800 МГц. Документ Huawei (white paper). Перевод – [Алексей Бойко](#). 2012.12.21

плотной городской застройки для разгрузки трафика:

- а) Объемная полоса частот, что позволяет выполнить требования к пропускной способности сети
- б) Большие потери распространения сигнала, то есть этот диапазон лучше подходит для сот с малым радиусом покрытия
- в) Сниженный потенциал площади покрытия, что позволяет улучшить результаты борьбы с интерференцией, возникающей в системах сотовой связи с плотным размещением базовых станций.

LTE-Hi лучше реализуется в режиме TDD, поскольку TDD более подходит для моделей с высоко асимметричным использованием, которые обычно характерны для хотспотов в помещениях.

На MWC2012 в Барселоне Huawei показала систему 3.5 ГГц LTE TDD и продемонстрировала скорость скачивания данных более 1.2 Гбит/с в режиме LTE-Hi. Функционал адаптивного распределения полосы частот между DL и UL позволяет сети самостоятельно изменять соотношение DL/UL в зависимости от ситуации.



5. Почему LTE TDD - лучший вариант для диапазона 3.5 ГГц?

Полоса частот 3.5 ГГц и режим TDD обладают рядом уникальных характеристик, которые можно обозначить сокращением GAS. G - означает глобальный, A - асимметричный, S - синергетичный.

Глобальность. Частоты 3.5 ГГц TDD уже используются в большинстве стран, в настоящее время в большинстве случаев они используются под системы WiMAX. В других странах, диапазон 3.5 ГГц зачастую занят различными приложениями, например, спутниковыми или MOD (прим.АБ - не знаю, что это такое) и вследствие этого он фрагментирован и его занятость различна в зависимости от конкретного региона. В итоге, легче получить большой фрагмент диапазона, если использовать частоты, как неспаренные.

Асимметрия. LTE TDD не требует для системы связи равных полос частот для аплинка и даунлинка, более того, соотношение этих полос не обязано быть постоянным. Обе эти возможности лучше отражают потребности реального мира мобильных пользователей, где нерегулярное потребление и случайные объемные аплоуды - это норма.

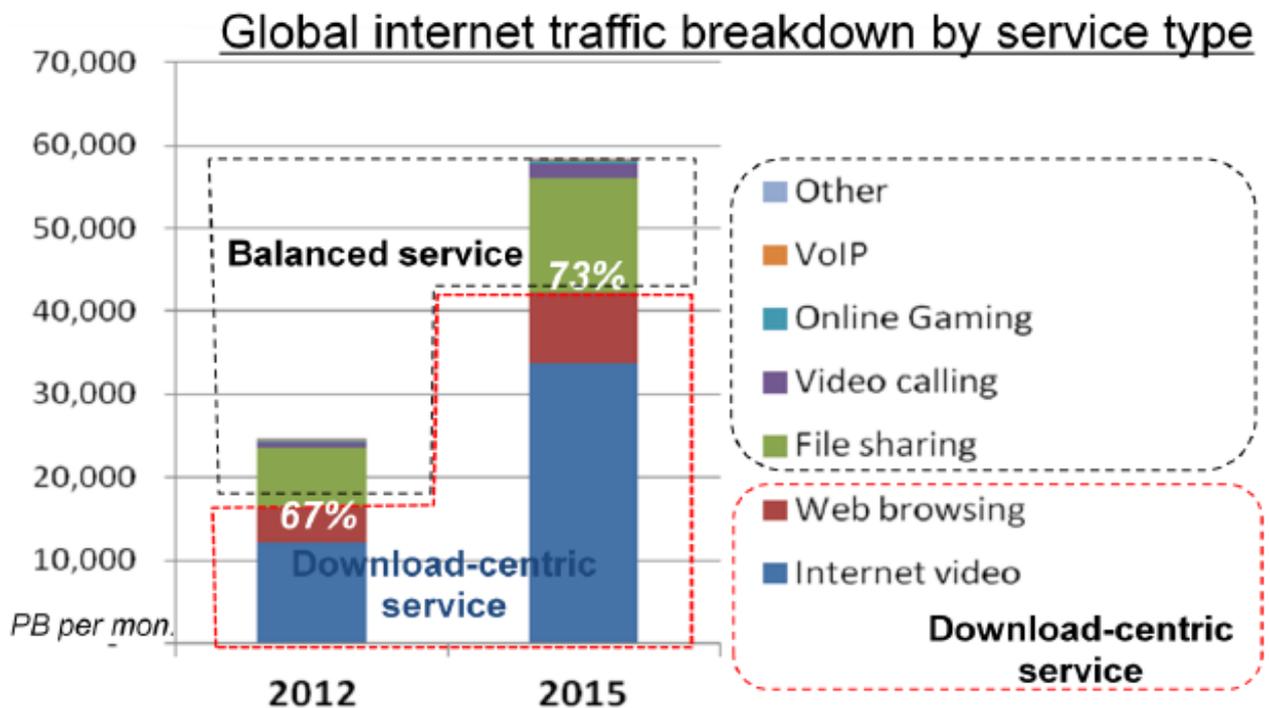
Синергия. LTE TDD на 90% использует ту же технику, что и LTE FDD, поскольку эти технологии разработаны в 3GPP, но также являются эволюцией от идей WiMAX, которые продвигала IEEE.

Эти факторы превращают LTE TDD в идеальную опцию для всех сторон. Чтобы еще более проиллюстрировать тот факт, что TDD LTE - это лучшее решение для диапазона 3.5 ГГц, мы рассмотрим еще несколько аспектов.

5.1 Характеристики TDD делают эту технологию подходящей для динамики реального потребления

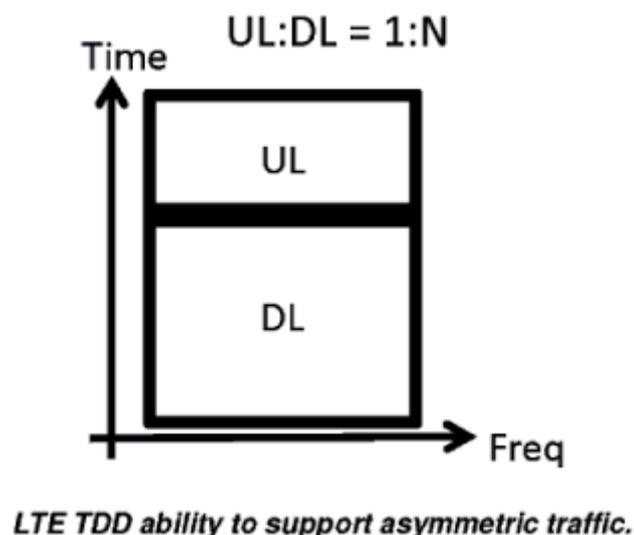
Сегодня, когда идет быстрое развитие смартфонов, мобильные приложения становятся все более Band 42, band 43 и в целом развитие LTE в диапазоне частот 3400 - 3800 МГц. Документ Huawei (white paper). Перевод – [Алексей Бойко](#). 2012.12.21

прожорливыми по части потребления трафика в направлении "к абоненту". Это иллюстрирует картинка ниже. Тренд набирает силу. В особенности, загрузка видео может составлять существенную долю всего трафика в большинстве сетей. Это приводит к тому, что асимметрия трафика в направлении "от абонента" и "к абоненту" достигает 1:4 или даже 1:6. В сетях мобильной связи соотношение DL/UL колеблется в диапазоне от 5.5 до 7.5.



Source: Cisco VNI 2012

То, что в TDD гибкое и конфигурируемое соотношение аплинка и даунлинка позволяет адаптироваться к различным асимметриям соотношений трафика аплинка и даунлинка.



5.2 Взаимозаменяемость каналов TDD

Благодаря взаимозаменяемости каналов вверх и вниз (объясняющейся фактом, что одна и та же Band 42, band 43 и в целом развитие LTE в диапазоне частот 3400 - 3800 МГц. Документ Huawei (white paper). Перевод – [Алексей Бойко](#). 2012.12.21

полоса частот используется для передачи данных в обоих направлениях), технология TDD обладает уникальными возможностями координированной обработки сигналов, например, такими, как бимформинг (формирование луча). Это техники работы с несколькими антеннами для улучшения функционирования системы за счет использования информации о состоянии канала для улучшения соотношения сигнал/шум. Многие чипсеты, включая серию HiSilicon Balong, уже поддерживают бимформинг. Результаты их применения показывают, что в рамках релизов 8-10 3GPP в версиях: Single Layer, Dual Layer и многопользовательского бимформинга, удается выиграть в пропускной способности сайта 15%, 15% и 10% соответственно. Внедрение бимформинга и координированной много-точечной работы (CoMP - coordinated Multi-Points), что называют координированным бимформингом (CBF - Co-ordinated Beamforming) - может еще более улучшить функционирование сети, поскольку совместное использование нескольких базовых станций eNode позволяет снизить интерференцию.

5.3 Экосистема 3.5 ГГц LTE TDD готова

Прежде всего, диапазон 3600-3800 МГц уже начали использовать для TDD в мировых масштабах. Во-вторых, сотни сетей WiMAX в диапазоне 3.5 ГГц вскоре станут сетями 3.5 ГГц LTE TDD. Кроме того, несколько десятков новых операторов заявляют о планах развертывания LTE TDD 3.5 ГГц, а более десяти из них уже ведут соответствующие испытания.

Всего в мире пока что запущено 3 коммерческих сети LTE TDD 3.5 ГГц. UK Broadband (UK) - первая в UK сеть LTE в коммерческой эксплуатации, которая также стала первой в мире сетью LTE TDD 3.5 ГГц в феврале 2012 года и сейчас работает в Лондоне, Ридинге, Свиндоне и Сканторпе.

В Китае планируют строить сети в диапазоне 3.5 ГГц, используя режим TDD, в настоящее время идут соответствующие исследования и тесты 3.5 ГГц TDD LTE-Hi.

Не менее важен тот факт, что набирает вес сегмент абонентского оборудования LTE TDD 3.5 ГГц. Уже доступны поставки CPE, как для использования в помещениях, так и уличная их модификация, причем можно заказывать объемные партии такого оборудования. Многостандартные, многодиапазонные мобильные роутеры (MiFi) появятся в коммерческой доступности в начале 2013 года. Ближе к концу 2013 года начнется выход на рынок многодиапазонных смартфонов с поддержкой передачи голоса и данных.

Важно отметить, что для LTE FDD пока что не анонсированы планы развития сетей или терминалов для диапазона 3.5 ГГц. Непохоже, чтобы такие продукты вышли на рынок, как минимум, в ближайшие 2 года.

6. Рекомендации по использованию спектра в полосе 3.5 ГГц

Поскольку востребованность мобильной передачи данных быстро возрастает, частоты становятся все более критичным ресурсом для операторов. Ценность частот все более возрастает. Для мобильных услуг выделены новые полосы частот. Полоса 3.4-3.8 ГГц - существенная часть новых частотных ресурсов, переданных под мобильную связь и передачу данных. Чем быстрее операторы реализуют потенциал этого диапазона, тем проще для них окажется частотное планирование.

Частоты в диапазоне 3.5 ГГц TDD великолепно подходят для реализации решений TDD. Мы можем наблюдать, как быстро формируется экосистема 3.5 ГГц LTE TDD, как все больше операторов присоединяются к Группе 3.5 ГГц, планируя развитие своих сетей.

В свете предстоящих попыток гармонизировать использование диапазона 3.5 ГГц по всему миру, мы готовы поделиться своим опытом полевых испытаний и соответствующими выводами в отношении распределения частот. Эти выводы включают:

- Только TDD решения должны рассматриваться, не стоит реализовывать в диапазоне одновременно решения FDD и TDD.

- Поскольку диапазон 3.5 ГГц идеален с точки зрения построения систем с большой пропускной

Band 42, band 43 и в целом развитие LTE в диапазоне частот 3400 - 3800 МГц. Документ Huawei (white paper). Перевод – [Алексей Бойко](#). 2012.12.21

способностью, выделение операторам широкой полосы принципиально важно для данного диапазона. Для того, чтобы повысить привлекательность частотных аукционов, на них следует выставлять лицензии на полосы не менее 40 МГц в масштабах страны (в зависимости от специфики страны и конкурентной ситуации), чтобы гарантировать оптимальное использование диапазона каждым из победивших участников аукциона.

- Правила местного регулятора в отношении аукциона должны содержать тщательно определенные частотные ограничения минимальной и максимальной ширины полосы частот в одних руках, например, не более 100 МГц на оператора и не менее 50 МГц на оператора, которые можно будет получить по итогам аукциона.

- Важно выдавать лицензии на всю страну, а не на отдельные регионы.